

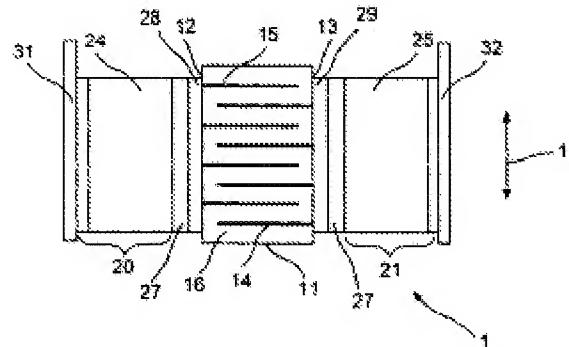
## Piezo actuator for drive for diesel injection valve

**Patent number:** DE19930585  
**Publication date:** 2000-02-10  
**Inventor:** BAST ULRICH (DE); CRAMER DIETER (AT); KAINZ GERALD (AT); LUBITZ KARL (DE); SCHUH CARSTEN (DE); WOLFF ANDREAS (DE)  
**Applicant:** SIEMENS MATSUSHITA COMPONENTS (DE); SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** H01R11/01; F02M51/00; F16K31/66; H01L41/047; H01L41/083; H02N2/00; H02N2/04; H01R11/01; F02M51/00; F16K31/64; H01L41/00; H01L41/083; H02N2/00; H02N2/02; (IPC1-7): H02N2/04; F02M51/06; F16K31/66; H01L41/047; H01L41/22  
- **europen:** H01L41/047; H01L41/083  
**Application number:** DE19991030585 19990702  
**Priority number(s):** DE19991030585 19990702; DE19981035644 19980806

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19930585

The actuator (1) has an actuator body (11) which causes a contraction (17) and an expansion (18) in a defined direction (19) and at least one electrically conducting contact vane (20,21) attached to the actuator body which extends in the defined direction. The contact vane has a mechanism (24,25) for matching the extension of the vane to a dimension (124,125) of the expansion and contraction caused by the actuator body.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

## DE 199 30 585 A 1

⑮ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 02 N 2/04**  
H 01 L 41/047  
H 01 L 41/22  
F 02 M 51/06  
F 16 K 31/66

⑯ Aktenzeichen: 199 30 585.4  
⑯ Anmeldetag: 2. 7. 1999  
⑯ Offenlegungstag: 10. 2. 2000

DE 199 30 585 A 1

⑯ Innere Priorität:  
198 35 644. 7 06. 08. 1998

⑯ Anmelder:  
Siemens Matsushita Components GmbH & Co. KG,  
81541 München, DE; Siemens AG, 80333 München,  
DE

⑯ Vertreter:  
Epping, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 82131  
Gauting

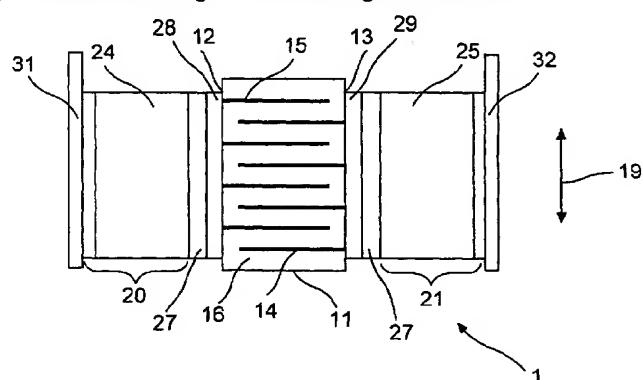
⑯ Erfinder:  
Bast, Ulrich, Dr., 81667 München, DE; Cramer,  
Dieter, Graz, AT; Kainz, Gerald, Dr., Graz, AT; Lubitz,  
Karl, Dr., 85521 Ottobrunn, DE; Schuh, Carsten, Dr.,  
85598 Baldham, DE; Wolff, Andreas, 81825  
München, DE

### Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Piezoaktor mit verbesserter elektrischer Kontaktierung und Verwendung eines derartigen Piezoaktors

⑯ Es wird ein Piezoaktor (1) angegeben, der zur elektrischen Kontaktierung einer Elektrode (14, 15) eines Aktorkörpers (11) eine Kontaktfahne (20, 21) aufweist. Durch eine Expansion und Kontraktion des Aktorkörpers tritt in der Kontaktfahne eine mechanische Spannung auf, die dadurch minimiert wird, daß die Kontaktaufnahme ein Mittel zum Anpassen der Ausdehnung an ein Ausmaß der Expansion und Kontraktion aufweist. Das Mittel ist z. B. ein Verformungsmaterial in Form eines Drahtgeflechts. Der Piezoaktor wird zur Ansteuerung eines Einspritzventils in einer Brennkraftmaschine eingesetzt.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, der zur elektrischen Kontaktierung einer Elektrode eine elektrisch leitfähige Kontaktfahne aufweist. Daneben wird eine Verwendung eines derartigen Piezoaktors angegeben.

Ein Piezoaktor ist üblicherweise aus mehreren zu einem stabelförmigen Aktorkörper angeordneten Piezoelementen aufgebaut. Jedes Piezoelement besteht aus einer Piezokeramikschicht, die beiderseits mit einer metallischen Elektrode versehen ist. Wird an diese Elektroden eine elektrische Spannung angelegt, so reagiert die Piezokeramikschicht mit einer Gitterverzerrung. Als Folge davon expandiert und kontrahiert das Piezoelement und damit der Aktorkörper in einer Richtung, die durch die Anordnung der Piezokeramikschicht und der Elektroden eines Piezoelements bestimmt ist. Entsprechend einem Ausmaß der Expansion und Kontraktion kommt zu einer nutzbaren Änderung einer Ausdehnung eines stabelförmigen Aktorkörpers.

Aus DE 197 15 488 ist ein derartiger Piezoaktor bekannt. Der Piezoaktor verfügt über einen Aktorkörper mit einem Mehrschichtaufbau, umfassend zumindest einen Stapel alternierender Elektroden- und Piezokeramikschichten. Eine Elektrodenschicht dient jeder benachbarten Piezokeramikschicht als Elektrode. Dazu erfolgt eine elektrische Kontaktierung der Elektrodenschichten in einer alternierenden Polarität. Die alternierende Polarität wird mit Hilfe zweier Metallisierungsstreifen erreicht, die seitlich am Aktorkörper angebracht sind. Ein Metallisierungsstreifen erstreckt sich über eine Höhe, die sich aus übereinander gestapelten, elektrisch aktiven Schichten des Aktorkörpers ergibt. Einer der Metallisierungsstreifen ist mit jeder zweiten Elektrodenschicht elektrisch leitend verbunden und gegen jede dazwischen liegende erste Elektrodenschicht isoliert. Dagegen ist der zweite Metallisierungsstreifen gegen jede zweite Elektrodenschicht isoliert und mit jeder ersten Elektrodenschicht elektrisch leitend verbunden.

Um die elektrische Kontaktierung jeder einzelnen Elektrodenschicht sicher zu stellen, erfolgt in dem bekannten Piezoaktor eine Spannungszuführung an einen Metallisierungsstreifen über eine streifenförmige, elektrisch leitfähige Kontaktfahne in Form einer mit Kupfer kaschierten Kunststofffolie. Die Kontaktfahne ist dabei über eine ihrer Kanten an einen Metallisierungsstreifen angelötet. Die Kontaktfahne erstreckt sich ebenfalls über die gesamte Höhe der elektrisch aktiven Schichten des Aktorkörpers. Eine vom Aktorkörper wegweisende Außenkante der Kontaktfahne ist mit einem starren elektrischen Anschlußelement verbunden. Mit Hilfe der Kontaktfahne wird ein eventuell auftretender Riß in einem Metallisierungsstreifen elektrisch überbrückt. Dadurch zeigt der Piezoaktor eine hohe Zyklenzahl und damit eine hohe Lebensdauer. Ein Zyklus umfaßt eine einmalige Expansion und Kontraktion des Piezoaktors bzw. des Aktorkörpers in einer bestimmten Richtung.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Piezoaktor anzugeben, der gegenüber einem bekannten Piezoaktor eine weiter verbesserte elektrische Kontaktierung und damit eine noch höhere Zyklenzahl und Lebensdauer aufweist.

Zur Lösung der Aufgabe wird ein Piezoaktor angegeben, aufweisend einen Aktorkörper zu einer Expansion und Kontraktion in einer bestimmten Richtung und mindestens eine am Aktorkörper befestigte, elektrisch leitfähige Kontaktfahne, die eine Ausdehnung in der Richtung aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfahne ein Mittel zu einem Anpassen der Ausdehnung an ein Ausmaß der Expansion und Kontraktion aufweist.

Entsprechend dem Ausmaß der Expansion und Kontraktion des Aktorkörpers während eines Zyklusses kommt es

zu einer Änderung einer Ausdehnung des Aktorkörpers in der bestimmten Richtung. Die Ausdehnung umfaßt beispielsweise eine Höhe des Aktorkörpers. Aufgrund dieser Änderung kann in der Kontaktfahne, die am Aktorkörper befestigt ist, eine mechanische Spannung auftreten.

Diese mechanischen Spannungen sind beispielsweise dann besonders groß, wenn in einem Bereich der Metallisierungsstreifen, in dem der Aktorkörper piezoelektrisch inaktiv ist, ein Riß durch eine Polarisierung des Piezoaktors entstanden ist (Polungsriß). Bei der Expansion und Kontraktion findet bei einem solchen Riß eine relativ große Änderung eines Ausmaßes des Aktorkörpers statt. Durch diese großen Änderungen treten große mechanische Spannungen in der Kontaktfahne auf, insbesondere dann, wenn die Kontaktfahne mit einem starren elektrischen Anschlußelement fest verbunden ist.

Die grundlegende Idee der Erfindung ist es, diese mechanische Spannung in der Kontaktfahne zu verringern. Dies gelingt dadurch, daß die Ausdehnung der Kontaktfahne im Betrieb des Aktorkörpers automatisch an die sich ständig ändernde Ausdehnung des Aktorkörpers angepaßt wird. Das Anpassen erfolgt dabei insbesondere in einem Kontaktierungsbereich der Kontaktfahne, in dem die Kontaktfahne am Aktorkörper befestigt ist.

Das Anpassen kann im Hinblick auf die mechanische Spannung in der Kontaktfahne an ein maximales, minimales oder mittleres Ausmaß der Expansion und Kontraktion des Aktorkörpers erfolgen. Dies hängt von der Anwendung und von dem Mittel ab, das dazu eingesetzt wird.

In einer besonderen Ausgestaltung ist der Piezoaktor dadurch gekennzeichnet, daß der Aktorkörper eine Oberfläche aufweist, an der mindestens eine Elektrode angeordnet ist, die Kontaktfahne mit der Elektrode elektrisch verbunden und an mindestens zwei Punkten der Oberfläche befestigt ist, ein Abstand zwischen den Punkten von der Expansion und Kontraktion abhängt, die Kontaktfahne das Mittel zumindest zwischen den zwei Punkten aufweist und das Mittel ein Verformungsmaterial aufweist.

Vorzugsweise sind die Punkte Bestandteil einer ebenen Oberfläche und entlang der durch die Expansion und Kontraktion bestimmten Richtung nacheinander angeordnet. Die Punkte können aber auch von dieser Richtung abweichend angeordnet sein. Ebenso kann die Oberfläche gewölbt oder anders gestaltet – sein.

Insbesondere gibt es eine Vielzahl von Punkten, an denen die Kontaktfahne am Aktorkörper befestigt ist. Auf diese Weise ist beispielsweise die Kontaktfahne entlang einer gesamten Kante der Kontaktfahne am Aktorkörper befestigt. Insbesondere ist die Vielzahl von Punkten an der Oberfläche entlang der Richtung der Expansion und Kontraktion der Aktorkörpers ausgerichtet.

Der Abstand zwischen zwei Punkten hängt von einer elektrischen Spannung ab, die an den Elektroden des Aktorkörpers angelegt ist, und damit von der Expansion und Kontraktion des Aktorkörpers. Wegen des veränderlichen Abstands von einem Punkt zu einem anderen verfügt die Kontaktfahne insbesondere zwischen den Punkten ein Mittel, das dazu geeignet ist, die Ausdehnung der Kontaktfahne an das Ausmaß der Expansion und Kontraktion anzupassen.

Das Mittel bzw. die ganze Kontaktfahne ist beispielsweise eine metallische Blattfeder, die entlang einer Kante der Blattfeder an wenigen Punkten der Oberfläche des Aktorkörpers mechanisch befestigt ist. Die Punkte sind abweichend von der Richtung angeordnet, in der der Aktorkörper

expandiert und kontrahiert. Bei der Expansion und Kontraktion des Aktorkörpers verbiegt sich dadurch die Blattfeder. Die Ausdehnung der Blattfeder in der fraglichen Richtung wird an das Ausmaß der Expansion und Kontraktion ange-

paßt. Die zu kontaktierenden Elektroden des Aktorkörpers sind nur durch einen Berührungs kontakt mit der Blattfeder elektrisch verbunden. Die Elektroden sind so an der Oberfläche angeordnet, daß beim Verbiegen der Blattfeder der elektrische Kontakt aufrecht erhalten bleibt.

In einer besonderen Ausgestaltung weist das Mittel ein Verformungsmaterial auf, das elastisch und/oder plastisch verformbar sein kann. Diese Eigenschaft ist vorzugsweise nicht auf die durch die Expansion und Kontraktion des Aktorkörpers bestimmte Richtung beschränkt. Eine Bewegung innerhalb der Kontaktfahne in dieser Richtung führt gleichzeitig zu einer Zugkraft, die sich in jede Richtung und über die gesamte Kontaktfahne erstrecken kann. Besonders vorteilhaft ist es daher, wenn das Mittel bezüglich jeder Raumrichtung verformbar ist.

In einer besonderen Ausgestaltung ist der Piezoaktor dadurch gekennzeichnet, daß an der Kontaktfahne ein starres elektrisches Anschlußelement befestigt ist, so daß die Oberfläche des Aktorkörpers und das Anschlußelement mittelbar durch die Kontaktfahne verbunden sind. Beispielsweise ist die Kontaktfahne über eine Kante an der Oberfläche des Aktorkörpers befestigt. An einer von der Oberfläche des Aktorkörpers wegweisenden Außenkante ist das starre elektrische Anschlußelement befestigt. Diese Anschlußelement dient einer elektrischen Kontaktierung der Kontaktfahne und damit einer elektrischen Kontaktierung der Elektrodenschichten. Es ist beispielsweise nahezu parallel zur Oberfläche bzw. der Richtung der Expansion und Kontraktion ausgerichtet und weist eine größere Höhe auf als der Aktorkörper. Somit überragt das Anschlußelement den Aktorkörper in der Richtung der Expansion und Kontraktion. Das Anschlußelement kann aber auch auf einer beliebigen elektrisch leitfähigen Oberfläche der Kontaktfahne angebracht sein.

Die Kontaktfahne weist das Verformungsmaterial insbesondere im Kontaktierungsbereich auf. In einer besonderen Ausgestaltung ist der Piezoaktor dadurch gekennzeichnet, daß sich das Verformungsmaterial zumindest von der Oberfläche des Aktorkörpers bis zum Anschlußelement erstreckt. In einer weiteren Ausgestaltung kann sich aber auch über die gesamte Kontaktfahne erstrecken. Das Verformungsmaterial kann auch bei einem starren elektrischen Anschlußelement lokalisiert sein. Es treten zwar während des Betriebs in der Kontaktfahne mechanische Spannungen auf. Diese werden aber bis zum Anschlußelement hin verringert.

In einer besonderen Ausgestaltung weist das Verformungsmaterial eine Vielzahl von Drähten auf. Das Verformungsmaterial ist beispielsweise ein flexibles Drahtgeflecht. In einem Drahtgeflecht ist eine Vielzahl von dünnen Drähten miteinander verwoben oder verflochten.

Das Drahtgeflecht ist vorteilhaft so bemessen, daß jede zu kontaktierende Elektrode elektrisch und gleichzeitig mechanisch kontaktiert ist. Ein einzelner Draht ist so dünn, daß das Material des Drahts bei einer betriebsbedingten Verformung elastisch bleibt und daß keine festigkeitsvermindernde Materialveränderung (z. B. Versprödung) auftritt. Ein Draht hat beispielsweise einen Durchmesser von wenigen µm. Das Drahtgeflecht besteht aus einer so großen Zahl von einzelnen Drähten, daß jede Elektrode auch bei einem eventuell auftretenden Riß eines Metallisierungsstreifens oder eines einzelnen Drahtes stets kontaktiert bleibt.

Eine Beweglichkeit eines Drahtgeflechts läßt sich insbesondere dadurch erhöhen, daß mehrere parallel zur Richtung der Expansion und Kontraktion verlaufende Drähte (Schußfäden) aus dem Geflecht entfernt werden. Dadurch wird erreicht, daß die verbleibenden Drähte im wesentlichen zueinander parallel angeordnet sind. In einer besonderen Ausgestaltung ist ein einzelner Draht auf diese Weise nicht mit anderen Drähten verflochten. Eine besonders hohe Beweglich-

keit wird dadurch erreicht, daß ein Draht zudem keinen Kreuzungs- bzw. Berührungs punkt mit anderen Drähten aufweist. Alle Drähte sind somit annähernd parallel zueinander angeordnet. Wenn sich diese Form des Geflechts über die gesamte Kontaktfahne erstreckt und die Kontaktfahne mit einem elektrischen Anschlußelement verbunden ist, das mindestens die Höhe des Aktorkörpers aufweist, erfolgt auf diese Weise die elektrische Kontaktierung der Elektroden quasi über eine Drahtbüste.

- 5 10 Neben den beschriebenen Formen ist jedes Drahtgeflecht denkbar, das einem Draht des Drahtgeflechts einen möglichst großen Bewegungsspielraum gibt und das so das Entstehen einer Zugkraft im Draht einschränkt. Als Muster (Webart) eines Drahtgeflechts kommt beispielsweise eine glatte Bindungen (1 : 1-Bindung, plain weave) oder eine Körperbindung (2 : 2-Bindung, twilled weave) in Frage. Ein einzelner Draht kann im Querschnitt annähernd kreisrund oder ellipsoid sein. Ebenso ist eine kalandrierte (gewalzte, calendered) Ausführungsform des Drahtes denkbar.
- 15 20 Das Verformungsmaterial weist vorzugsweise ein elektrisch leitendes Material auf, insbesondere ein elektrisch leitendes Material, das zumindest einen aus der Gruppe Aluminium, Eisen, Kupfer, Karbonfaser und/oder Messing ausgewählten Stoff aufweist. Eine Karbonfaser zeigt eine geringe Materialermüdung und ist deshalb besonders für eine Anwendung geeignet, bei der eine extreme Lastspielzahl erreicht werden muß. Ein Draht aus einem Edelstahl kann besonders dünn gestaltet sein und trotzdem die Anforderung an eine hohe Elastizität bzw. Belastbarkeit erfüllen.

- 25 30 Die Kontaktfahne bzw. das Mittel der Kontaktfahne ist vorzugsweise mit Hilfe eines elektrisch leitenden Verbindungs mittels an der Oberfläche des Aktorkörpers angebracht. Das Verbindungs mittel fungiert als mechanische Befestigung und stellt gleichzeitig den elektrischen Kontakt zwischen einer Elektrode und der Kontaktfahne her.

- 35 40 Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn die Oberfläche des Aktorkörpers eine Metallisierung aufweist. Die Metallisierung, beispielsweise in Form eines Metallisierungsstreifens, dient einer sicheren elektrischen Kontaktierung einer Elektrode. Die Kontaktfahne kann mit Hilfe des Verbindungs mittels auch unmittelbar an der Oberfläche, d. h. an jede zu kontaktierende Elektrode direkt, angebracht sein.

- 45 50 Das Verbindungs mittel kann ein Lot sein. Diese Lösung bietet sich vor allem für Kupfer an, das sehr gut mit einem Weichlot gelötet werden kann. Bei Verwendung eines Mittels aus Edelstahl weist das Verbindungs mittel beispielsweise ein Schweißmaterial auf. Eine andere Möglichkeit besteht in der Verwendung eines Leitklebers. Ein Leitkleber enthält beispielsweise elektrisch leitende Kugelchen. Die Dichte und Größe der Kugelchen im Leitkleber ist dabei so gewählt, daß zu jeder Zeit ein elektrischer Kontakt zwischen der Kontaktfahne und jeder einzelnen Elektrodenschicht vorhanden ist. Ein Leitkleber ist insbesondere für Aluminium und für Karbonfaser geeignet.

- 55 60 Für eine Anwendung des Piezoaktors kann es vorteilhaft sein, wenn der Piezoaktor inklusive einer zugehörigen Kontaktfahne und eines entsprechenden Anschlußelements mit einer Isoliermasse formschlüssig verbunden ist. Trotz dieser Maßnahme sollte die Kontaktfahne, insbesondere aber jeder einzelne Draht eines Verformungsmaterials einen möglichst großen Bewegungsspielraum haben. Dies gelingt dadurch, daß die Kontaktfahne eine Beschichtung aufweist. Die Beschichtung kann sich dabei auf den Bereich der Kontaktfahne beschränken, der das Verformungsmaterial aufweist. Die Beschichtung verhindert einen kraftschlüssigen Kontakt zwischen der Kontaktfahne und der Isoliermasse. Für diesen Fall besteht die Beschichtung beispielsweise aus einem

niedrigviskosen Material, das als ein Gleitmittel fungiert. Eine andere Lösung besteht darin, ein elastisches, insbesondere hochelastisches Material als Beschichtung der Kontaktfahne zu benutzen. Dieses Material weist beispielsweise ein Silikonelastomer auf. Die Beschichtung kann als elastische Umhüllung allein der Kontaktfahne ausgestaltet sein. Besonders vorteilhaft ist ein formschlüssiger Verbund aus einem Piezoaktor, inklusive seiner Anschlußelemente und Kontaktfahnen, und einer hochelastischen Isoliermasse. In diesem Verbund fungiert die Isoliermasse gleichzeitig als Beschichtung der Kontaktfahne.

Das Material einer Beschichtung kann nur eine Oberfläche des Mittels zum Anpassen der Ausdehnung der Kontaktfahne an die Expansion und Kontraktion des Aktorkörpers benutzen. Insbesondere bei einem Verformungsmaterial in Form eines Drahtgeflechts kann die Beschichtung auch zusätzlich einen Zwischenraum zwischen mehreren Drähten (Masche) ausfüllen.

Die Beschichtung birgt einen zusätzlichen Vorteil in sich: Sie kann einer Dämpfung einer Schwingung im Piezoaktor dienen, die im Betrieb des Piezoaktors möglicherweise auftritt. Eine derartige Schwingung kann zu einer Rißbildung und zu einer Fortpflanzung eines Risses im Piezoaktor beitragen. Mit einer Beschichtung, die eine auftretende Schwingung dämpft, erhöht sich die zu erwartende Zyklenzahl des Piezoaktors.

Als Keramik des Aktorkörpers eines vorgestellten Piezoaktors kann eine beliebige PZT-Keramik (= Bleizirkonatitanat) eingesetzt werden. Eine Elektrodenschicht ist aus einem geeigneten Material, vorzugsweise einer silberhaltigen Einbrennpaste. Eine Elektrodenschicht kann einen zusätzlichen oxidischen Zuschlag zur besseren Haftung auf einer Piezokeramikschicht sowie ein anderes Metall allein oder als weiteren Zusatz enthalten, beispielsweise Platin oder Palladium.

Auf der Basis der Erfindung ist eine sichere elektrische Kontaktierung eines Piezoaktors gewährleistet. Dadurch, daß sich die Ausdehnung der elektrisch leitfähigen Kontaktfahne ständig an die sich ändernde Ausdehnung des Aktorkörpers anpaßt, zeichnet sich der Piezoaktor durch eine hohe Zuverlässigkeit und eine hohe Zyklenzahl aus. Eine hohe Flexibilität und Biegsamkeit der Kontaktfahne insbesondere in Form eines Drahtgeflechts verhindert die Entstehung einer rißtreibenden Kraft in der Kontaktfahne. Darüber hinaus verhindert die Natur eines Drahtgeflechts weitgehend die Ausbreitung eines vorhandenen Risses.

Ein hier beschriebener Piezoaktor wird vorzugsweise zur Ansteuerung eines Einspritzventils, insbesondere eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine verwendet.

Anhand mehrerer Ausführungsbeispiele und der dazugehörigen Zeichnungen wird im folgenden ein Piezoaktor vorgestellt. Die Figuren sind schematisch und stellen keine maßstabsgerechten Abbildungen der bezeichneten Gegenstände dar.

**Fig. 1** zeigt einen Piezoaktor von einer Seite.

**Fig. 2** zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des Piezoaktors der **Fig. 1**.

**Fig. 3** zeigt in einem Querschnitt ein Verformungsmaterial in Form von Drähten, die eine Beschichtung aufweisen.

**Fig. 4** und **5** zeigen verschiedene Ausführungsformen des Verformungsmaterials in Form eines Drahtgeflechts.

**Fig. 6** zeigt ein Einspritzventil mit einem Piezoaktor.

Der Piezoaktor **1** nach **Fig. 1** besteht aus einem Aktorkörper **11** in Form eines Stapels von Piezokeramikschichten **16** und dazwischen angeordneten Elektrodenschichten **14** und **15**. Eine Piezokeramikschicht **16** besteht aus einem PZT-Material. Das Material einer Elektrodenschicht **14** und **15** umfaßt eine silberhaltige Einbrennpaste.

An den beiden seitlichen Oberflächen **12** und **13** des Aktorkörpers **11**, parallel zu der Richtung **19**, in der die Expansion **17** und Kontraktion **18** des Aktorkörpers **11** stattfindet, ist jeweils ein Metallisierungsstreifen **28** bzw. **29** angebracht. Ein Metallisierungsstreifen besteht aus einer eingearbeiteten Silberpaste. Jeweils eine elektrisch leitfähige Kontaktfahne **20** bzw. **21** ist über ein Lot **27** mit dem Metallisierungsstreifen **28** und **29** der Oberfläche **12** und **13** des Aktorkörpers **11** mechanisch und elektrisch leitend verbunden. Die Verbindung erfolgt jeweils über die Höhe der zu kontaktierenden Elektrodenschichten **14** bzw. **15**. An den Außenkanten der Kontaktfahnen **20** und **21** sind starre elektrische Anschlußelemente **31** und **32** in Form von elektrisch leitfähigen Stiften angelötet. Die Anschlußelemente **31** und **32** überragen den Aktorkörper **11**.

In **Fig. 2** ist ein Ausschnitt des Piezoaktors **1** abgebildet, der in **Fig. 1** dargestellt ist. Gezeigt sind zwei Punkte **121** und **122** einer ganzen Punktmenge der mit einer Metallisierung **28** versehenen Oberfläche **12** des Aktorkörpers **11**. An den Punkten **121** und **122** ist die Kontaktfahne **20** befestigt. Die Punkte **121** und **122** befinden sich im Abstand **123** voneinander. Bei einer Expansion **17** des Aktorkörpers **11** in der Richtung **19** vergrößert sich der Abstand **123** um das Ausmaß **124**. Dagegen verkleinert sich der Abstand **123** bei der Kontraktion **18** des Aktorkörpers **11** um das Ausmaß **125**.

Die Kontaktfahne **20** bzw. **21** weist zumindest ein Mittel **24** bzw. **25** zum Anpassen der Ausdehnung **22** der Kontaktfahne **20** und **21** an das Ausmaß **124** und **125** der Expansion **17** und Kontraktion **18** des Aktorkörpers **11** auf.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Mittel **24** bzw. **25** ein Verformungsmaterial **241** bzw. **251**, das eine Vielzahl von Drähten **26** aufweist. Die Drähte **26** sind im wesentlichen parallel zueinander angeordnet. In **Fig. 3** ist das Verformungsmaterial **241** und **251** dargestellt. Ein einzelner Draht **26** hat einen nahezu kreisrunden Querschnitt. Jeder Draht **26** ist von einer hochelastischen Beschichtung **30** aus einem Silikonelastomer umgeben. Die Beschichtung **30** füllt zudem den Zwischenraum zwischen zwei Drähten **26** aus.

Das Verformungsmaterial **241** bzw. **251** ist in der Lage, jeder Änderung des Abstands **123** zwischen den Punkten **121** und **122** soweit zu folgen, daß die Kontaktfahne **20** bzw. **21** bei der Expansion **17** und Kontraktion **18** des Aktorkörpers **11** nahezu frei von mechanischer Spannung ist.

Zwei weitere Ausführungsbeispiele eines Piezoaktors **1** unterscheiden sich vom beschriebenen Ausführungsbeispiel durch das Verformungsmaterial **241** bzw. **251** der Kontaktfahne **20** bzw. **21**. Es liegt jeweils ein Drahtgeflecht unterschiedlicher Webart vor. **Fig. 3** zeigt eine Webart mit einer glatten Bindung (1 : 1-Bindung, plain weave) und **Fig. 4** eine mit einer Körperbindung (2 : 2-Bindung, twilled weave).

Weitere Ausführungsbeispiele ergeben sich durch die Kombination der beschriebenen Merkmale der Kontaktfahne **20** bzw. **21** mit den Merkmalen eines in der Druckschrift DE 197 15 488 angegebenen Piezoaktors.

Der Piezoaktor **1** wird zur Ansteuerung eines Einspritzventils **60** (**Fig. 6**) einer Brennkraftmaschine benutzt. Dabei ist der Piezoaktor **1** über einen Kolben **61** mit einer Düsenadel **62** des Einspritzventils **60** verbunden.

#### Patentansprüche

1. Piezoaktor (**1**), aufweisend
  - einen Aktorkörper (**11**) zu einer Expansion (**17**) und Kontraktion (**18**) in einer bestimmten Richtung (**19**) und
  - mindestens eine am Aktorkörper (**11**) befe-

stigte, elektrisch leitfähige Kontaktfahne (20, 21), die eine Ausdehnung (22) in der Richtung (19) aufweist,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß

- die Kontaktfahne (20, 21) ein Mittel (24, 25) zu einem Anpassen der Ausdehnung (22) an ein Ausmaß (124, 125) der Expansion (17) und Kontraktion (18) aufweist.

2. Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- der Aktorkörper (11) eine Oberfläche (12, 13) aufweist, an der mindestens eine Elektrode (14, 15) angeordnet ist,
- die Kontaktfahne (20, 21) mit der Elektrode (14, 15) elektrisch verbunden und an mindestens zwei Punkten (121, 122) der Oberfläche (12, 13) befestigt ist,
- ein Abstand (123) zwischen den Punkten (121, 122) von der Expansion (17) und Kontraktion (18) abhängt,
- die Kontaktfahne (20, 21) das Mittel (24, 25) zumindest zwischen den zwei Punkten (121, 122) aufweist und
- das Mittel (24, 25) ein Verformungsmaterial (241, 251) aufweist.

3. Piezoaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß an der Kontaktfahne (20, 21) ein starres elektrisches Anschlußelement (31, 32) befestigt ist, so daß die Oberfläche (12, 13) des Aktorkörpers (11) und das Anschlußelement (31, 32) mittelbar durch die Kontaktfahne (20, 21) verbunden sind.

4. Piezoaktor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Verformungsmaterial (241, 251) zumindest von der Oberfläche (12, 13) des Aktorkörpers (11) bis zum Anschlußelement (31, 32) erstreckt.

5. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Verformungsmaterial (241, 251) über die ganze Kontaktfahne (20, 21) erstreckt.

6. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Verformungsmaterial (241, 251) ein elektrisch leitendes Material aufweist.

7. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Verformungsmaterial (241, 251) eine Vielzahl von Drähten (26) aufweist.

8. Piezoaktor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Drähte (26) im wesentlichen zueinander parallel angeordnet sind.

9. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Verformungsmaterial (241, 251) ein elektrisch leitendes Material aufweist, das zumindest einen aus der Gruppe Aluminium, Eisen, Kupfer, Karbonfaser und/oder Messing ausgewählten Stoff aufweist.

10. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfahne (20, 21) mit Hilfe eines elektrisch leitenden Verbindungsmittels (27) mit der Elektrode (14, 15) verbunden ist.

11. Piezoaktor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbindungsmittel (27) ein Lot aufweist.

12. Piezoaktor nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbindungsmittel (27) ein Schweißmaterial aufweist.

13. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbindungsmittel (27) einen Leitkleber aufweist.

14. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, die Oberfläche (12, 13) eine Metallisierung (28, 29) aufweist, über die die Kontaktfahne (20, 21) der Elektrode (14, 15) verbunden ist.

15. Piezoaktor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallisierung (28, 29) eine Einbrennmetallisierung aufweist.

16. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfahne (20, 21) eine Beschichtung (30) aufweist.

17. Piezoaktor nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung (30) elastisch ist.

18. Piezoaktor nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung (28) ein Silikonelastomer aufweist.

19. Verwendung eines Piezoaktors nach einem der Ansprüche 1 bis 18 zur Ansteuerung eines Einspritzventils (60), insbesondere eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

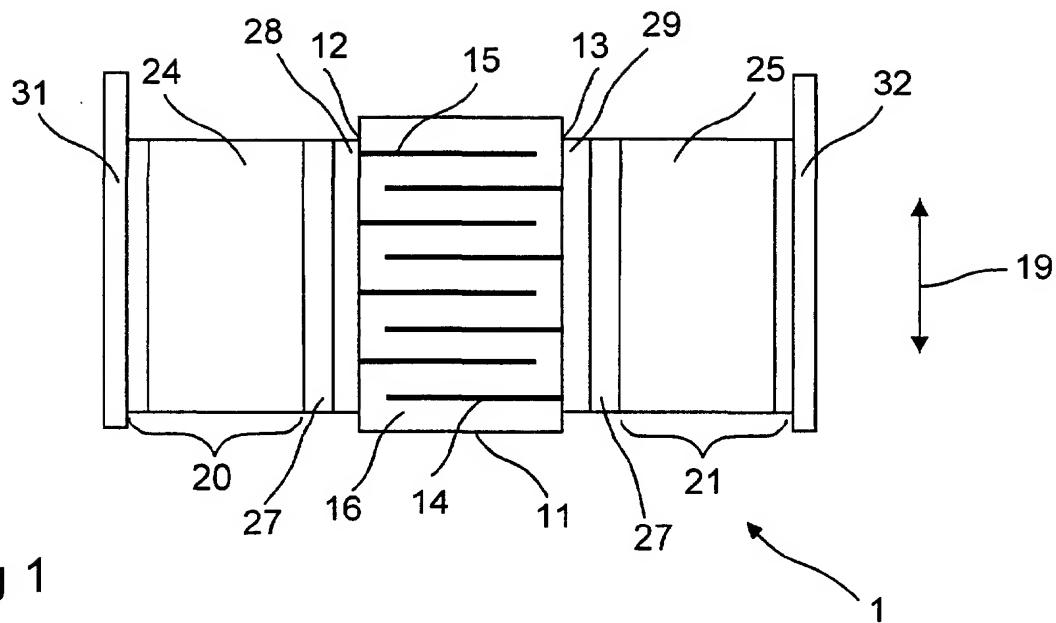


Fig 1

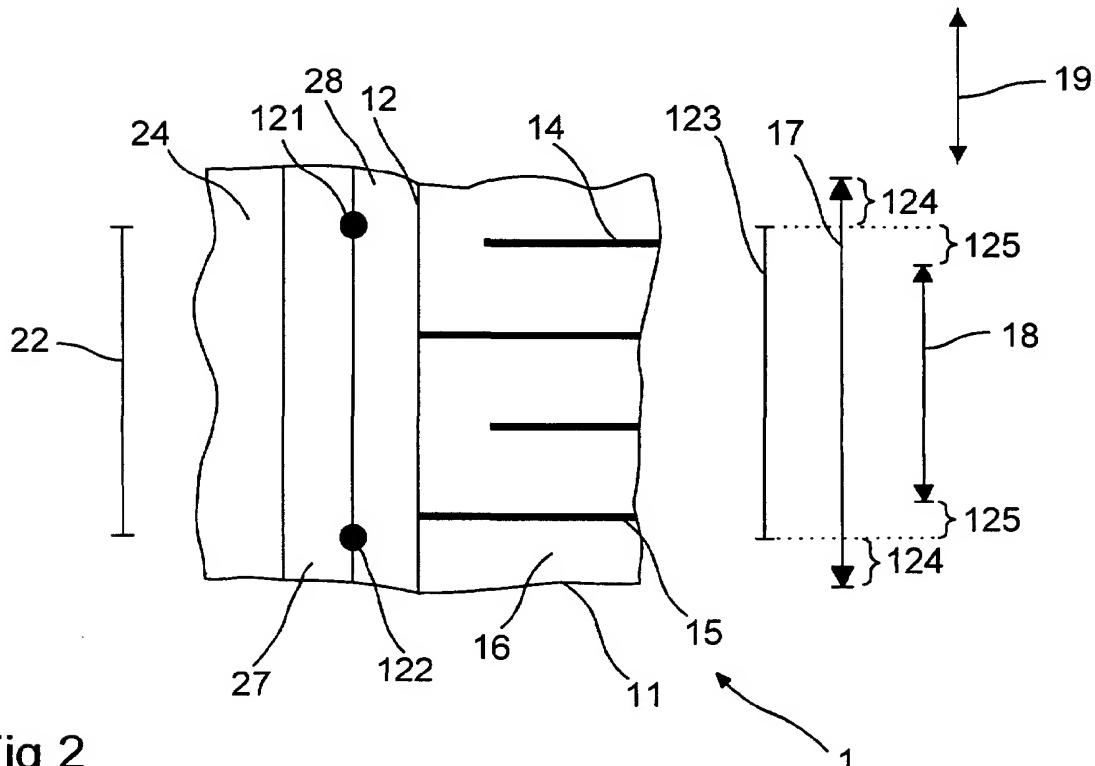


Fig 2

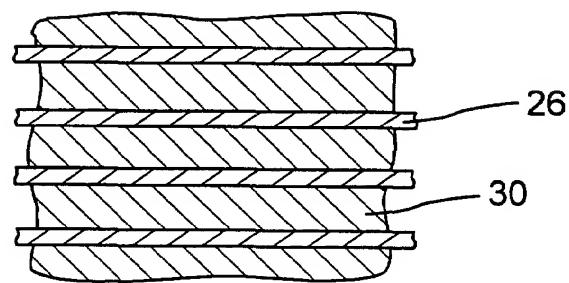


Fig 3

241, 251

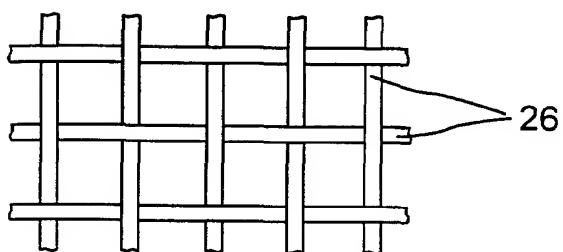


Fig 4

241, 251

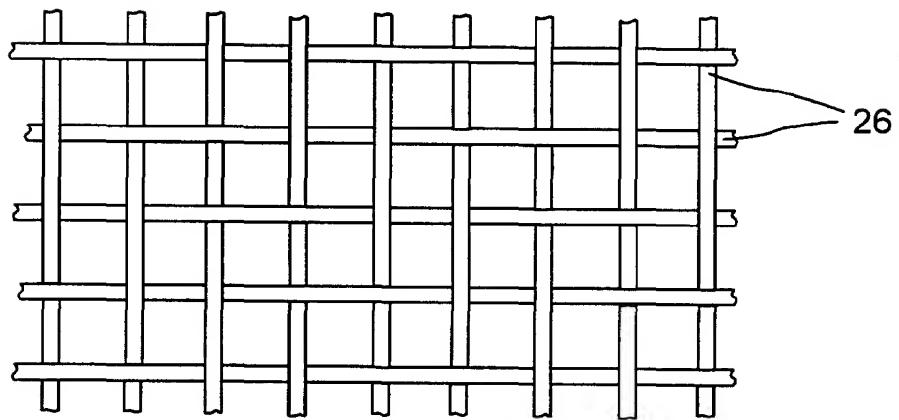


Fig 5

241, 251

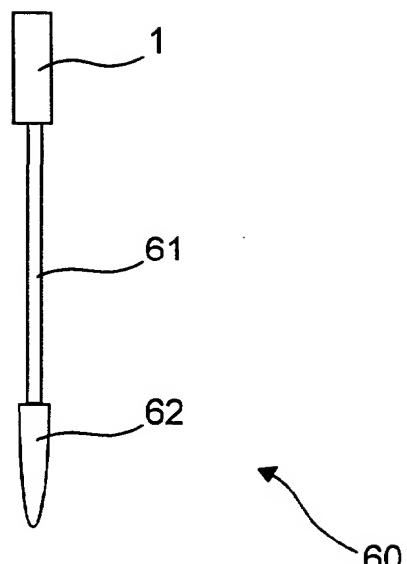


Fig 6